

## Application Note #11

# Energiespeicherprüfung mit der Serie PLI B

Mit der integrierten Entladefunktion der elektronischen Lasten Serie PLI werden Energiespeicher wie Akkus, Batterien, Ultracaps etc. auf einfache Weise kontrolliert entladen und dabei Werte wie Ladung und Energie ermittelt.

Mit der PLI Baureihe B kann mithilfe der List-Funktion die Entladung auch dynamisch erfolgen.



## Sicherheitshinweise



Bei falscher Behandlung können irreversible Schäden am Prüfling bis hin zu Brandentwicklung entstehen!

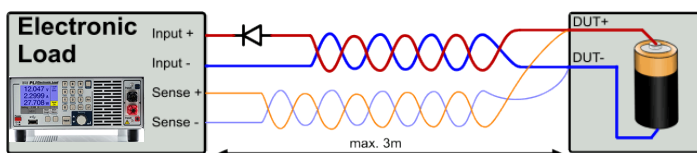
- Lesen Sie aufmerksam die Betriebs- und Prüfbedingungen Ihres Prüflings und die Bedienungsanleitung der elektronischen Last.
- Lassen Sie Ihren Energiespeicher bei der Prüfung nie unbeaufsichtigt.

## Wichtige Anschlusshinweise



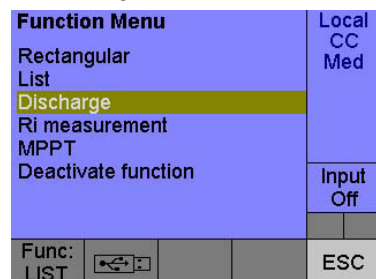
Beim Anschluss eines Energiespeichers an die elektronische Last ist besondere Vorsicht geboten! Die PLI-Geräte sind bis zur Höhe ihres Nennstroms gegen Verpolung geschützt. Dies ist durch eine Reverse-Diode realisiert. Das heißt, ein verpoltes Anschließen des Energiespeichers ist mit einem Kurzschluss zu vergleichen. Es fließen unkontrolliert hohe Ströme, die nicht nur den Prüfling, sondern auch die Last zerstören können.

- Schalten Sie daher eine externe Verpoldiode oder eine Sicherung in den Lastkreis.

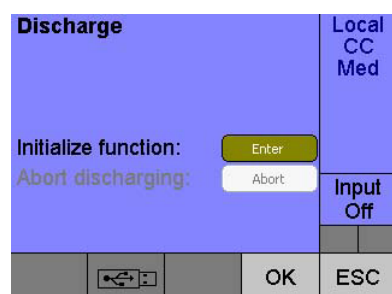


## Bedienung über die Benutzerschnittstelle

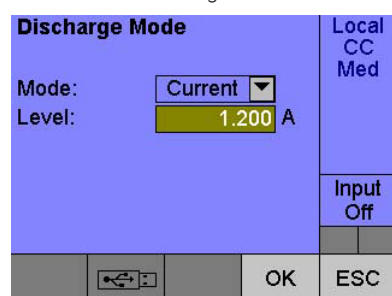
Die Entladefunktion Discharge wird über das "Function Menu" ausgewählt.



Über "Initialize function" gelangen Sie ins nächste Fenster zur Auswahl der Betriebsart.



Im "Discharge Mode"-Dialogfenster wird eine der statischen Betriebsarten Current, Power, Resistance mit entsprechendem Sollwert oder die dynamische Betriebsart List festgelegt. Wir beginnen mit der statischen Betriebsart Current (Beispiel mit List s. unten). Mit der Bestätigung "OK" gelangen Sie ins nächste Dialogfenster. Der Sollwert kann auch noch später bei laufender Entladung im Wert verändert werden.

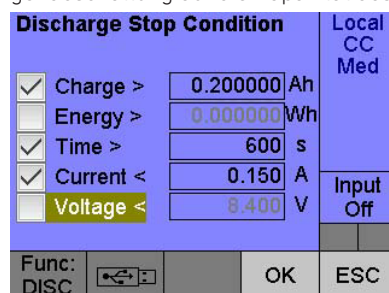


Im "Discharge Stop Condition"-Dialogfenster aktivieren Sie die Abschaltkriterien für die Entladung. Aktivieren Sie beliebig viele Abschaltkriterien, mindestens jedoch eines, sonst werden Sie bei "OK" nicht ins nächste Menü geleitet, sondern zurück zum "Discharge Mode"-Menü geführt. Das erste Kriterium, das erreicht wird, beendet die Entladung.



Wählen Sie wenn möglich immer ein zweites Abschaltkriterium zum Schutz des Prüflings!

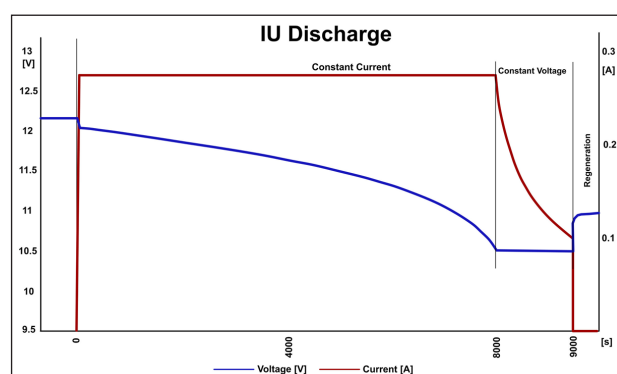
Beispiel: Sie entladen einen 10000 mAh-Akku bis zu einer Minimalspannung X als Abschaltkriterium. Die von Ihnen angenommene Entladezeit beträgt in etwa 30000 s. Setzen Sie zusätzlich die Zeitabschaltung geringfügig über diese Zeit, und/oder aktivieren und setzen Sie die Ladungsmengenabschaltung auf die Kapazität des Akkus.



Die Ladungs- und Energiemenge ("Charge", "Energy") wird auf Überschreiten geprüft. Das heißt, die Entladung stoppt, wenn die kumulierte Ladung bzw. Energie größer/gleich dem vorgegebenen Abschaltwert ist. Das Kriterium Ladung eignet sich gut als zusätzliche Sicherheitsabschaltung bei der Prüfung von Akkus und Batterien. Wir empfehlen, den Wert auf die angegebene Kapazität des Prüflings zu setzen. Die Zeit ("Time") wird auf Überschreiten geprüft. Das heißt, die Entladung stoppt, wenn die Zeit größer/gleich dem vorgegebenen Wert ist. Die Spannung ("Voltage") wird auf Unterschreiten geprüft. Das heißt, die Entladung stoppt, wenn die Spannung kleiner/gleich dem vorgegebenen Wert ist.

### IUa-Entladung, CC+CV-, CP+CV-, CR+CV-Entladung

Eine besondere Betriebsart ist die Entladung nach IUa-Kennlinie. Dabei wird der Prüfling zunächst mit Konstantstrom bis zu einer definierten Spannung entladen. Bei Erreichen dieser Minimalspannung schaltet die elektronische Last implizit in Konstantspannungsbetrieb um, d. h. die angegebene Spannung wird konstantgehalten, und zwar so lange, bis der gemessene Strom unter den Wert des Stoppkriteriums Strom (s. u.) gesunken ist. Erst dann schaltet die Last den Lasteingang ab, und die Prüfung ist beendet. Dies ist prinzipiell auch im Konstantwiderstands- oder Konstantleistungsbetrieb möglich.



Die Spannungsgrenze, ab der die elektronische Last in den Spannungsbetrieb übergeht, wird über die Voltage Protection eingestellt, siehe nächster Abschnitt.

Bestätigen Sie die ausgewählten Abschaltkriterien mit "OK".

**!** Das "Discharge Protection"-Menü ist die letzte Station zur Konfiguration der Entladefunktion und ist zugleich eine der wichtigsten Einstellungen, die zum Schutz des Prüflings beiträgt.

**Current protection:** Hier wird der maximal zulässige Strom eingestellt. Der Standardwert ist der maximal mögliche Strom der elektronischen Last. Passen Sie den Wert an den maximal zulässigen Strom Ihres Prüflings an. So verhindern Sie eine Zerstörung durch Überstrom, besonders in den Betriebsarten Leistung und Widerstand. Beim Entladen im Strombetrieb sollte der Wert geringfügig höher als der Entladestrom gewählt werden.

**Voltage protection:** Hier wird die minimale Spannung eingestellt, bis zu deren Höhe die Last Strom aus dem Prüfling zieht. Diese Spannung überwacht das Gerät per Hardware. Als Standardwert sind 0,5 V eingestellt.

**!** Wählen Sie bei nicht aktivierter Current (I) < Abschaltung aus Sicherheitsgründen die Spannung so, dass der Prüfling nicht tiefentladen oder sogar zerstört wird! Bei aktivierter Current (I) < Abschaltung dagegen ist die Voltage Protection der Sollwert für den Übergang von der Entladebetriebsart in eine Konstantspannungsregelung zur Reduzierung der Stromentnahme.

Nach der Protections-Einstellung gelangen Sie mit "OK" wieder ins Discharge Fenster.

Mit "OK" im Discharge Fenster ist die Initialisierung der Entladefunktion abgeschlossen.

## Discharge Screen

Bevor Sie die Entladung starten, können Sie ein zeitgleiches Datenlogging initialisieren.

Gehen Sie dazu mit dem Softkey "Main Menu" ins Hauptmenü und wählen Sie "Settings".

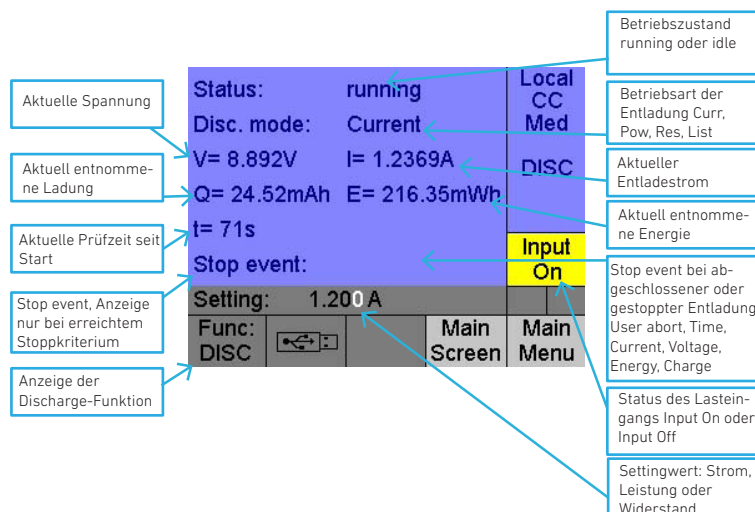
## Datenerfassung und Datenlogging

Im "Settings/Acquisition" Menü stellen Sie ein, ob und wie oft Datensätze im internen Speicher der elektronischen Last abgelegt werden sollen.

Die Daten kann man am Ende der Prüfung über das Menü "Data/Export" auf einen USB-Stick exportieren.

Im Lokalbetrieb können die Daten auch direkt auf einen USB-Stick gespeichert werden, ohne sie vorher in den internen Speicher zu legen. Das wird im Menü "Settings/Data/USB logging" eingerichtet.

Starten Sie nun Entlade- und Logging-Funktion gemeinsam mit der Tastenfolge Shift -> Start. Der Lasteingang wird automatisch eingeschaltet. Im Discharge-Statusfeld wechseln sich die Statusanzeigen DISC und LOG ab.



Wenn eines der konfigurierten Abschaltkriterien erreicht ist, beendet die elektronische Last die Prüfung und schaltet den Lasteingang aus. Das Abschaltkriterium wird bei "Stop event" angezeigt.

Eine laufende Entladung kann auch jederzeit manuell mit Shift -> Stop abgebrochen werden. Dann wird als Stop event "User" angezeigt.

## Die Logdatei

Die Funktion "Settings/Acquisition" generiert auf dem USB-Stick einen Ordner mit dem Namen INT\_MEM, die Funktion "Settings/Data/USB logging" einen Ordner mit dem Namen LOGGING. Im jeweiligen Ordner wird eine Datei angelegt, deren Name vom Datum und der Uhrzeit der elektronischen Last bei Beginn der Prüfung abgeleitet ist: Beispiel: PLI\_2016-02-04-01-02-33.CSV

Start der Prüfung am 04.02.2016 um 1 Uhr, 2 Minuten und 33 Sekunden.

Die CSV-Datei beinhaltet folgende Informationen:

PLI_2016-02-04_01-02-33.CSV		
;Data log start: 2016-02-04 01:02:33		
;Rel. time in s	Voltage in V	Current in A
0	12.038941	0
1	10.978352	7.99712
2	10.960367	7.997163
3	10.938271	7.997205
4	10.922342	7.997205
5	10.904871	7.997163
6	10.884831	7.997163
7	10.86813	7.997163
8	10.847833	7.997205
9	10.836528	7.997205
10	10.816489	7.997205
11	11.87939	0
12	11.895577	0
13	11.906368	0
14	11.909964	0

Zeile 1: Datum, Uhrzeit Prüfungsstart

Zeile 2: Messgrößen mit Einheiten

Ab Zeile 3: Prüfzeit, Spannung, Strom

Vorletzte Zeile: Datum, Uhrzeit Prüfungsende (nur bei Logging direkt auf USB-Stick)

Letzte Zeile: Stop Condition, entnommene Ladung und Energie (nur bei Logging direkt auf USB-Stick)

## Dynamische Entladung

Für Anwendungen, die ein gepulstes oder sonstiges dynamisches Entladen des Prüflings (z. B. E-Bike-Akku) erfordern, wird die List-Funktion der elektronischen Last mit der Entladefunktion kombiniert.

Dazu definieren Sie vor der Wahl der Entlade-Betriebsart eine Liste im "Settings/Functions/List" Menü.

**List**  
List state: Incomplete list set  
List mode: Current  
Create new list set: Enter  
Edit existing list set: Enter  
Import list from USB: Enter  
List settings: Enter  
Abort list: Abort

**New List Mode and Length**  
List length: 002  
List mode: Current  
☐ Data acquisition

Func: IRES  
Func: IRES

OK  
OK

**New List**  
List length: 2  
Step: 1  
Level in [A]: 5.500  
Ramp time in [s]: 2.5000  
Dwell time in [s]: 10.0000  
Smpl. time ramp [s]: 0.0002  
Smpl. time dwell [s]: 0.0002

**New List**  
List length: 2  
Step: 2  
Level in [A]: 0.530  
Ramp time in [s]: 0.3300  
Dwell time in [s]: 2.2000  
Smpl. time ramp [s]: 0.0002  
Smpl. time dwell [s]: 0.0002

Func: IRES  
Func: IRES

OK  
OK

Am Ende der Listendefinition muss die Listenausführung noch auf "Continuous list execution" gestellt werden: Menü "Settings/Functions/List/List settings":

**List settings**  
☒ Continuous list execution  
Iteration count: 1  
☐ Trigger controlled  
☐ Data acquisition

Func: IRES  
Func: IRES

OK  
OK

Nach Bestätigung mit "OK" stellen Sie im "Function/Discharge/Initialize function"-Fenster die Betriebsart ("Mode") "List" ein:

**Discharge Mode**  
Mode: Current  
Level: A  
Current  
Power  
Res.  
List

Func: LIST  
Func: LIST

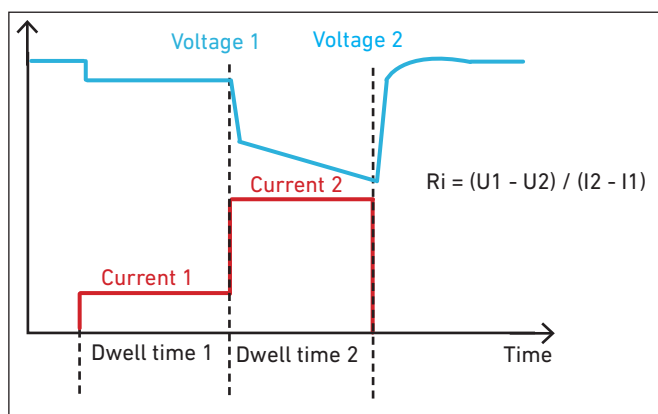
OK  
OK

Auch bei der dynamischen Entladung kann die Logging-Funktion kombiniert werden - allerdings muss dann das listsynchrone Sampling deaktiviert bleiben.

Alle Funktionen werden wieder gemeinsam mit Shift -> Start gestartet.

## Innenwiderstandsmessung

Eine weitere Funktion der Serie PLI ist die Gleichstrom-Innenwiderstandsmessung von Energiespeichern wie Akkus, Batterien, Kondensatoren, aber auch von Kabeln, Stromversorgungen usw. Die Messung basiert auf der Spannungsänderung während eines Stromsprungs. Der Strom springt von einem kleinen Wert auf einen größeren Wert. Jeweils am Ende der beiden Stromstufen wird die Spannung gemessen und die Spannungsdifferenz durch die Stromdifferenz dividiert.



Für die Prüfung sind die beiden Ströme mit den dazugehörigen Verweildauern (= Messzeitpunkt) im Menü "Settings/Functions/Ri" measurement einstellbar.

Ri Measurement		Local CC Med
Current 1:	1.500 A	
Time 1:	10.0 s	
Current 2:	5.000 A	
Time 2:	1.0 s	
<input checked="" type="checkbox"/> Save result on USB		Input Off
DUT directory: 01		
Abort measurement: abort		
Func: IRES	OK	ESC

Mit "OK" und Shift -> Start beginnen Sie die Messung.

Das Ergebnis der Prüfung wird am User Interface angezeigt und (in unserem Beispiel) auf dem angeschlossenen USB-Stick gespeichert.

Status:		Local CC Med
I1= 1.500A	t1= 10s	
I1= 5.000A	t2= 1s	
V= 9.051V	I= 1.0379A	
t= 0s		
Ri= 1.9246E-01 Ohms		Input On
Setting: 1.000 A		
Func: IRES	Main Screen	Main Menu

## Programmierung

Alle bisher gezeigten lokal bedienbaren Funktionen lassen sich auch über eine Datenschnittstelle fernsteuern. Im Folgenden zeigen wir die SCPI-Befehlsfolge für ein Beispiel mit gepulster CC-Entladung (2 s mit 12 A, 10 s mit 1,5 A) und interner Messdatenspeicherung mit anschließendem Auslesen der Daten und Messung des Innenwiderstands des Prüflings.

Definierten Ausgangszustand herstellen, Strompulse mit Liste definieren:

```
*RST
LIST:MODE CURR
LIST:CURR 12.0,1.5
LIST:RTIM 0,0
LIST:DWEL 2.0, 10.0
LIST:COUNT 9.9E37
```

Intervall zur Messdatenerfassung auf 1 Sekunde setzen:

```
ACQ:STIM 1.0
```

Entladefunktion initialisieren: IUa-Entladung bis 35 V, dann Stromreduktion bis 1 A, sicherheitshalber zweites Stoppkriterium Ladung:

```
VOLT:PROT 35.0
FUNC:DISC:STOP:CURR 1.0
FUNC:DISC:STOP:ENAB CURR,ON
FUNC:DISC:STOP:CHAR 14.0
FUNC:DISC:STOP:ENAB CHAR,ON
```

Lasteingang ein, alle Funktionen starten:

```
INP ON
LIST ON
ACQ ON
FUNC:DISC ON
```

Stoppereignis abfragen:

```
FUNC:DISC:STOP:EVEN?
```

Wenn Stoppereignis ungleich NONE, ist die Entladung abgeschlossen. Daten auslesen (immer nur 100 Datensätze können auf einmal gelesen werden):

```
Data:POIN? //Antwort z. B. 1678
DATA:REM? 100
DATA:REM? 100
... //insges. 16 Wiederholungen
DATA:REM? 78
```

Messung des Innenwiderstands des Prüflings:

```
FUNC:MEAS:IRES:CURR 1.0,5.0
FUNC:MEAS:IRES:DWEL 2.0,1.0
FUNC:MEAS:IRES:RES? //solange bis Wert ungleich 0
```